

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 2554799 C2

⑤ Int. Cl. 4:  
G01V 1/22

⑲ Aktenzeichen: P 25 54 799.3-52  
⑳ Anmeldetag: 5. 12. 75  
㉑ Offenlegungstag: 16. 6. 76  
㉒ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 12. 9. 85

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①

11.12.74 US 531563

⑦③ Patentinhaber:

Texas Instruments Inc., Dallas, Tex., US

⑦④ Vertreter:

Prinz, E., Dipl.-Ing.; Hauser, G., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat.; Leiser, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000  
München

⑦⑦ Erfinder:

Carroll, Paul Ellington; Voight, William Charles;  
Moore jun., William, Houston, Tex., US

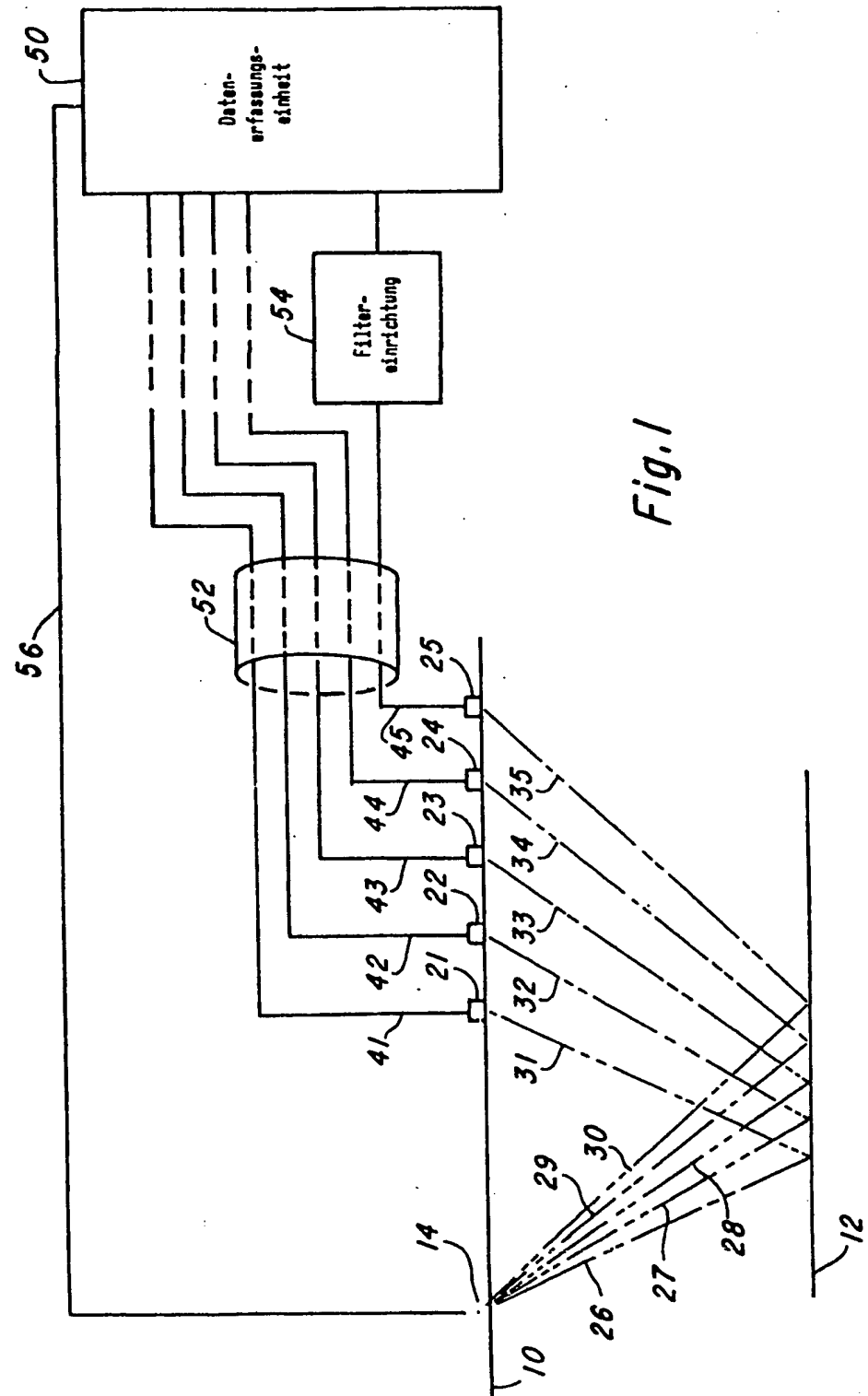
⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

US 37 78 759

BEST AVAILABLE COPY

⑤④ Anordnung zur Erfassung seismischer Daten

DE 2554799 C2



## Patentansprüche:

1. Anordnung zur Erfassung seismischer Daten mit wenigstens einem seismischen Wandler zur Umformung seismischer in elektrische Signale, bei der die von jedem der seismischen Wandler erzeugten Signale jeweils über ein eigenes Leiterpaar und eine Filtereinrichtung, die eine Schaltung zur Unterdrückung von Gleichtaktsignalen enthält, an eine Datenerfassungseinheit gelegt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung (54) aus einer Hintereinanderschaltung der Schaltung (64) zur Unterdrückung der Gleichtaktsignale, einer Schaltung (70) zur Unterdrückung von Gegentaktsignalen und einer Verstärkervorrichtung (76) mit hoher Gleichtaktunterdrückung besteht.

2. Anordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (80; 172, 176) zur Erzielung einer nach Masse führenden Gleichstromrückführung für den Verstärker.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung (64) zur Unterdrückung von Gleichtaktsignalen wenigstens einen Gleichtaktfilterabschnitt (98, 100, 102, 104) mit Gegentakteleingang und Gegentaktausgang aufweist, daß der Gleichtaktfilterabschnitt ein erstes Paar magnetisch gekoppelter Spulen (98, 100) enthält, die jeweils zwischen den Eingang und den Ausgang des Abschnitts eingefügt sind, und daß in dem Gleichtaktfilterabschnitt zwei Kondensatoren (102, 104) enthalten sind, die in Serie zwischen die Ausgänge des Abschnitts geschaltet sind, wobei einer der Verbindungspunkte der zwei Kondensatoren mit einem gemeinsamen Bezugspotential verbunden ist.

4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung (70) zur Unterdrückung von Gegentaktsignalen wenigstens einen Gegentaktfilterabschnitt (106, 108, 110, 112, 114, 116) mit Gegentakteleingang und Gegentaktausgang aufweist, und daß in dem Gegentaktfilterabschnitt ein zweites Spulenpaar (106, 108, 112, 114) enthalten ist, daß zwischen einem Eingang und einem Ausgang des Gegentaktfilterabschnitts geschaltet ist, wobei zwischen die Ausgangsanschlüsse des Gegentaktfilterabschnitts ein Kondensator (116) eingefügt ist.

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen des zweiten Spulenpaares (106, 108, 112, 114) magnetisch gekoppelt sind.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Spulen (98, 100) jedes Gleichtaktfilterabschnitts bifilar gewickelt sind, damit sich eine direkte Transformatorwicklung ergibt, und daß die zwei Spulen (106, 108, 112, 114) jedes Gegentaktfilterabschnitts so gewickelt sind, daß sich eine umgekehrte Transformatorwicklung ergibt.

7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkervorrichtung (76) folgende Baueinheiten enthält:

- a) eine Differenzeingangsstufe (140, 142),
- b) zwei Verstärker (156, 158) mit jeweils einem invertierenden Eingang, der an einem der Ausgänge der Differenzeingangsstufe (140, 142) angeschlossen ist,

- c) eine Rückkopplungsvorrichtung (166, 168, 144, 146) zum Koppeln der Ausgangssignale der zwei Verstärker (156, 158) zu der Differenzeingangsstufe (140, 142) und
- d) einen Rechenverstärker (178), der abhängig von den Ausgangssignalen der zwei Verstärker (156, 158) ein unsymmetrisches Ausgangssignal abgibt.

8. Anordnung nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch eine Diodenschaltung (124, 126, 128, 130, 132, 134) am Eingang der Verstärkervorrichtung zum Schutz vor zu großen Gleichtakt- und Gegentaktsignalen.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Erfassung seismischer Daten gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In verschiedenen Datenerfassungsanordnungen können ein oder mehrere signalerzeugende Empfänger in einem von einer zentralen Datenerfassungseinheit entfernt liegenden Gebiet angebracht sein. Beispielsweise sind in einer Anordnung zur seismischen Bodenerforschung mehrere Geophone oder Geophongruppen in einem Gebiet oder längs einer Linie auf der Erdoberfläche angebracht. Eine zentrale Datenerfassungseinheit oder Datenaufzeichnungseinheit befindet sich in einem Lastwagen, der an einem von den Geophonen entfernten Punkt aufgestellt ist. Die Datenerfassungseinheit ist an die verschiedenen Geophone mittels eines Kabels angeschlossen, das zwei Adern für jedes Geophon oder jede Geophongruppe enthält. Das Kabel kann typischerweise eine Länge von mehreren Kilometern haben, und es führt gewöhnlich relativ schwache Signale im Amplitudenbereich von wenigen Millivolt bis herab zu einem Mikrovolt. Diese Signale mit kleinen Werten werden häufig von Störungen verfälscht, die in den Geophonen, den Kabeln oder in der Datenerfassungsanordnung selbst aufgenommen werden.

Eine bedeutende Störquelle ist die Aufnahme von Störsignalen aus der Stromversorgungsleitung, die gewöhnlich elektrostatisch als Gleichtaktsignal im Kabel induziert werden. Ein Teil dieser Störung wird auf Grund kapazitiver und ohmscher Unsymmetrie in den Geophonen, im Kabel und in den Verstärkern der Aufzeichnungseinheit in eine Gegentaktschaltung umgewandelt. Störsignale aus der Stromversorgung können auch auf magnetischem Wege in den Geophonen als Gegentaktsignal erfaßt werden, ebenso wie sie auf Grund von Versorgungsleitungsströmen, die in der Erde fließen, als Gleichtaktsignal aufgenommen werden können.

Eine Hauptquelle für im Kabel induzierte Gleichtaktstörungen sind Gewitter. Diese Art der Störungsaufnahme erfolgt immer dann, wenn das Kabel dem elektrostatischen, dem magnetischen oder dem elektromagnetischen Feld eines Gewitters ausgesetzt ist. Die elektrostatische Feldstärke klingt mit der Entfernung vom Gewitterzentrum schnell ab, während die magnetische Feldstärke weniger stark mit der Entfernung abklingt. Die elektromagnetische Feldstärke klingt sogar noch langsamer ab; sie kann sich auch in einem Abstand von mehreren 100 Kilometern noch als Problem erweisen. Die vom Gewitter induzierten Störungen, die vom

Kabel erfaßt werden, können typischerweise eine Spitzenamplitude von 10 Volt haben. Auf Grund der unsymmetrischen Kapazitäten und des nach Masse fließenden Reststroms im Kabel wird ein Teil dieser Störungen von einer Gleichtaktstörung in eine Gegentaktstörung geändert. In Anbetracht der vom Kabel typischerweise übertragenen Signalamplituden stellt diese Störsignalaufnahme bei der Datenerfassung ein ernstes Problem dar.

Derzeit besteht das am häufigsten angewendete Verfahren zur Lösung dieses Problems darin, einen Eingangstransformator zum Ankoppeln jedes Adernpaares im Kabel an die Datenerfassungseinheit zu verwenden. Der Transformator hat die erwünschte Eigenschaft, eine gute Gleichtaktunterdrückung zu erzielen. Die Schwierigkeit bei diesem Verfahren besteht darin, daß jeder Transformator sehr groß sein muß, damit Niederfrequenzverzerrungen und Niederfrequenz-Phasenfehler auf ein Minimum verringert werden, während er Wicklungswiderstände aufweist, die noch klein genug sind, um nicht merklich zu den Störsignalen beizutragen. Weitere Schwierigkeiten bestehen darin, daß die Fähigkeit zur Gleichtaktunterdrückung bei Transformatoren mit zunehmender Frequenz abnehmen. Außerdem sind Transformatoren empfindlich für äußere Magnetfelder, mechanische Schwingungen und Stöße; sie können magnetisiert werden und das Signal verschlechtern. Die Eingangskapazität des Transformators kann kaum symmetriert werden, so daß eine Umsetzung von Gleichtaktstörungen in Gegentaktstörungen verursacht wird.

Ein weiteres allgemein angewendetes Verfahren besteht darin, zwei invertierende Rechenverstärker zu verwenden, die jeweils einen Eingangswiderstand von 500 Ohm haben. Der Ausgang des ersten Verstärkers ist über einen Widerstand mit dem Summierungsanschluß des zweiten Verstärkers verbunden, und die Verstärkungen sind so zueinander ins Verhältnis gesetzt, daß äquivalente Signale, die an die zwei Eingänge der Gesamtanordnung bezüglich Masse angelegt werden, am Ausgang des zweiten Verstärkers Signale ergeben, die die gleiche Größe, jedoch eine entgegengesetzte Phasenlage aufweisen.

Das heißt mit anderen Worten, daß die Gesamtanordnung eine Gleichtaktunterdrückung bewirkt. Mit den Eingangswiderständen von 500 Ohm an jedem Verstärker hat die Gesamtkombination eine Gegentakt-Eingangsimpedanz von 1000 Ohm und eine Gleichtakt-Eingangsimpedanz von 250 Ohm. Diese niedrige Gegentakt-Eingangsimpedanz verursacht eine starke Belastung der Quelle und des Kabels und führt zu einem Signalverlust. Eine Erhöhung der Werte der Eingangswiderstände zur Erzielung einer Erhöhung der Gegentakt-Eingangsimpedanz führt zu einer unannehmbaren Erhöhung des thermischen Rauschpegels der Widerstände.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung der eingangs geschilderten Art so auszugestalten, daß sie weitgehend unempfindlich für atmosphärische Störungen in einer Datenerfassungsanordnung ist und Gleichtakt-Störsignale und Gegentakt-Störsignale unterdrückt, die außerhalb einer Signalbandbreite liegen, während sie gleichzeitig Daten in Kleinsignalen schützt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Diese Anordnung arbeitet typischerweise mit nicht an Masse liegenden Geophonen, und sie macht

von langen vieladrigen Kabeln Gebrauch, die nicht abgeschirmt sind. Eine Gleichstromrückführung nach Masse oder zu einem anderen Bezugspotential muß in der Anordnung vorgesehen sein. Die Eingangsimpedanz der Anordnung ist relativ hoch, konstant und symmetrisch, und sie verursacht keine Niederfrequenz-Phasenverschiebungen.

In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das zu einem Geophon führende Leiterdrahtpaar an ein Gleichtaktfilter angeschlossen. Das Filter hat einen Tiefpaß-Frequenzgang für Gleichtaktsignale und einen im wesentlichen flachen Frequenzgang für Gegentaktsignale. Sein Ausgang ist mit einem Gegentaktfilter gekoppelt, das einen Tiefpaß-Frequenzgang für Gegentaktsignale und einen im wesentlichen flachen Frequenzgang für Gleichtaktsignale aufweist. Der Ausgang des Gegentaktfilters ist an eine Verstärkerschaltung mit einer hohen Gleichtaktunterdrückung angeschlossen. Die Verstärkerschaltung liefert ein unsymmetrisches Ausgangssignal zum Ankoppeln an die Datenerfassungseinheit.

Die Erfindung wird nun an Hand der Zeichnung beispielshalber erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Anordnung zur Erfassung seismischer Daten nach der Erfindung,

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer bevorzugten Ausführungsform der Anordnung von Fig. 1,

Fig. 3 ein Schaltbild der Gleichtakt- und Gegentaktfilter einer Eingabeschaltung für die Anordnung nach der Erfindung und

Fig. 4 ein Schaltbild des Verstärkertells der Eingabeschaltung.

Fig. 1 zeigt in schematischer Form eine typische Anordnung zur seismischen Bodenerforschung, die jedoch so abgewandelt ist, daß sie die hier zu beschreibende Eingabeschaltung enthält. Die Linie 10 stellt einen Abschnitt der Erdoberfläche dar. Im elastischen Material der Erde werden mit Hilfe einer seismischen Quelle 14 akustische Wellen erzeugt. Die seismische Quelle 14 kann unter anderem eine chemische Explosion sein; sie kann auch, wie es in dieser Technik häufig der Fall ist, eine Vorrichtung sein, die harmonische Kräfte auf die Erdoberfläche ausübt.

Von der Quelle 14 breiten sich akustische Wellen gewöhnlich isotrop in die Krusterschichten der Erde aus. Ein spezieller Strahlenweg für die akustischen Wellen ist mit der Linie 26 angegeben. Die Linie 12 repräsentiert eine Diskontinuität der akustischen Impedanz des Erdmaterials. Wenn sich längs des Wegs 26 ausbreitende akustische Wellen auf die Diskontinuität 12 treffen, dann wird wenigstens ein Teil der sich ausbreitenden Energie reflektiert, so daß er sich in einer allgemein nach oben verlaufenden Richtung fortpflanzt. Diese längs des Wegs 31 wandernde reflektierte Welle wird schließlich von einem seismischen Empfänger 21 abgetastet und in ein elektrisches Signal umgesetzt. Wie in der Technik bekannt ist, kann der seismische Empfänger 21 entweder aus einem Geophon oder aus mehreren, dicht beieinander angebrachten und zur Abgabe eines einzigen elektrischen Ausgangssignals miteinander verbundenen Geophonen bestehen. Die übliche Verbindung ist irgendeine Serien-Parallel-Kombination; die spezielle Verbindung ist hier nicht von Bedeutung. Weitere akustische Wellen, die von der Quelle 14 ausgehen, wandern längs der nach unten gerichteten Wege 27 bis 30 und längs der entsprechenden nach oben gerichteten Wege 32 bis 35, damit sie schließlich von den seismischen Empfängern 22 bis 25

erfaßt werden. In Fig. 1 sind zwar nur 5 seismische Empfänger dargestellt, doch werden üblicherweise zusammen mit einer einzigen seismischen Quelle wesentlich mehr verwendet; typischerweise werden 48 Empfänger verwendet. Aus der obigen Beschreibung ist zu erkennen, daß die mit den seismischen Empfängern erzeugten elektrischen Signale auswertbare Informationen hinsichtlich der unter der Oberfläche liegenden Struktur der Erde enthalten.

Diese elektrischen Signale werden mit Hilfe von Leitungen 41 bis 45 an eine zentrale Datenerfassungseinheit angelegt, in der die Signale vorverarbeitet, gemischt und für die nachfolgende genauere Verarbeitung aufgezeichnet werden. Üblicherweise befindet sich die Datenverarbeitungseinheit 50 in einem Lastwagen, der sich in einem Abstand von den seismischen Empfängern befindet.

In der tatsächlichen Ausführung besteht jede der Leitungen 41 bis 45 aus zwei nicht abgeschirmten, verdrehten Drähten, mit deren Hilfe die Differenzgangssignale der verschiedenen seismischen Empfänger zur Datenerfassungseinheit 50 zurückübertragen werden. Typischerweise sind die verdrehten Drahtpaare zu einem einzigen Kabelbündel vereinigt, und durch eine äußere Ummantelung 52 geschützt. Die Länge des Kabelbündels ist beträchtlich; manchmal übersteigt sie 1,6 km. Die langen nicht abgeschirmten, verdrehten Drahtpaare sind äußerst empfindlich für die Aufnahme von Störungen aus umgebenden Feldern. Die Amplituden dieser Störkomponenten liegen typischerweise weit über den Signalamplituden, die von den seismischen Empfängern 21 bis 25 erzeugt werden. In die Leitung 45 ist an der Stelle, an der diese Leitung in die Datenerfassungseinheit 50 eintritt, eine Filtereinrichtung 54 eingefügt. Wie noch erläutert wird, bewirkt die Filtereinrichtung 54 eine beträchtliche Verringerung der an der Leitung 45 erscheinenden Gleichtaktstörungen, und sie wirkt als Tiefpaßfilter für Differenz- oder Gegentaktsignale an der Leitung 45. Es ist in Fig. 1 zwar nicht ausdrücklich dargestellt, doch ist zu erkennen, daß in jeder der anderen Ausgangsleitungen 41 bis 44 der seismischen Empfänger eine ebensolche Filtereinrichtung eingefügt ist. Wie die Leitung 56 schematisch zeigt, ist es in der Technik üblich, daß die seismische Quelle 14 unter der Steuerung durch die Datenerfassungseinheit 50 arbeitet.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild der bevorzugten Ausführungsform der Filtereinrichtung 54. Das Gegentakteingangssignal vom Kabel wird über Leitungen 60 und 61 einem Gleichtaktfilter 64 zugeführt. Das Gegentaktausgangssignal des Gleichtaktfilters 64 wird über Leitungen 66 und 68 an ein Gegentaktfiler 70 angelegt. Das Gegentaktfiler 70 weist ebenfalls einen Gegentaktausgang auf, der über die Leitungen 72 und 74 mit einem Verstärker 76 mit Gleichtaktunterdrückung angeschlossen ist. In der bevorzugten Ausführungsform weist der Verstärker 76 einen mittels der Leitung 80 auf Masse unsymmetrischen Ausgang auf, der über die Leitung 78 mit der Datenerfassungseinheit verbunden ist.

Obgleich der Verstärker 76 ein hohes Gleichtaktunterdrückungsverhältnis aufweist, reicht seine Fähigkeit zur Gleichtaktunterdrückung allein nicht zur Erfüllung der Systemanforderungen aus. Insbesondere läßt die Fähigkeit zur Gleichtaktunterdrückung des Verstärkers 76 bei hohen Frequenzen nach. Dies wird durch das Gleichtaktfilter 64 kompensiert, das für Gleichtaktsignale einen Tiefpaß-Frequenzgang aufweist. Der

Frequenzgang des Filters 64 ist jedoch für Gegentaktsignale im interessierenden Frequenzbereich im wesentlichen flach. Als Ergebnis verursacht das Gleichtaktfilter 64 keine Verzerrungen der seismischen Gegentaktsignale.

Wie oben erwähnt wurde, gelangen atmosphärische Störungen in erster Linie in Form eines Gleichtaktsignals in das System. Auf Grund von Unsymmetrien im System erfolgt jedoch eine gewisse Umseizung des Gleichtaktsignals in ein Gegentaktsignal, mit dem Ergebnis, daß das an den Leitungen 60 und 62 erscheinende Signal eine beträchtliche Gegentak-Störkomponente aufweist. Das Gegentaktfiler 70 ist so ausgelegt, daß es für Gegentaktsignale einen Tiefpaß-Frequenzgang aufweist, so daß der Anteil der Gegentakstörsignale unterdrückt wird, der außerhalb des Signaldurchlaßbereichs liegt.

In Fig. 3 ist ein Schaltbild des Gegentaktfilters und des Gleichtaktfilters in der bevorzugten Ausführungsform dargestellt. Das Differenzeingangssignal wird über Leitungen 91 und 93 vom Kabel angekoppelt. Widerstände 94 und 96 liegen in Serie zwischen dem Differenzsignalweg, und sie bilden mit ihrem an Masse liegenden gemeinsamen Verbindungspunkt den Rückführungsweg für die Eingangsgleichspannung. Die Werte der Widerstände 90 und 92 sind klein im Vergleich zu den Werten der Widerstände 94 und 96. Die Widerstände 90 und 92 werden zur Kompensation von Unsymmetrien verwendet, die in den Widerständen 94 und 96 auftreten können.

Der Ausgang der Widerstandsschaltung ist mit dem Gleichtaktfilter verbunden. Das in der bevorzugten Ausführungsform verwendete Gleichtaktfilter ist den in der US-PS 37 78 759 beschriebenen Gleichtaktfilter ähnlich. In der in Fig. 3 oben liegenden Seite des Differenzsignalwegs enthält das Filter eine Spule 98, die in Serie zum Signalweg liegt, sowie einen Kondensator 102, der den Signalweg nach Masse nebenschließt. In gleicher Weise enthält die unten liegende Seite des Differenzsignalwegs des Filters eine Spule 100, die in Serie zum Signalweg liegt, sowie einen Kondensator 104, der den Signalweg nach Masse nebenschließt. Der Fachmann kann erkennen, daß das Filter auf jeder Seite des Differenzsignalwegs aus einem einzigen LC-Tiefpaßfilterabschnitt besteht. Es sei jedoch bemerkt, daß die Spulen 98 und 100 magnetisch gekoppelt sind. Entsprechend einer bekannten Vereinbarung ist der Sinn der gegenseitigen Kopplung in Fig. 3 durch die Position der Punkte bezüglich der zwei Spulen angegeben. Beim Gleichtaktfilter sind beide Punkte an der Eingangsseite der Spulen 98 und 100 angegeben. In der vorliegenden Beschreibung wird diese Anordnung als direkte Transformatorkopplung bezeichnet.

In der bevorzugten Ausführungsform sind die Spulen 98 und 100 bifilar auf den gleichen Kern gewickelt, so daß eine sehr feste Kopplung zwischen den Wicklungen entsteht. Die Spulen 98 und 100 sind so gewickelt, daß sie den gleichen Induktivitätswert  $L$  haben; unter den Bedingungen der festen Kopplung kann angenommen werden, daß die Gegeninduktivität  $M$  den Wert  $L$  hat.

Der Frequenzgang des Filters für Gleichtakteingangssignale hat einen Tiefpaßverlauf entweder mit oder ohne die Transformatorkopplung zwischen den Spulen 98 und 100.

Wie jedoch in der US-PS 37 78 759 erklärt wird, heben sich die Spulen 98 und 100 in Anbetracht der ausgezeichneten Kopplung gegenseitig auf, was Gegentaktsignale anbelangt, so daß eine Gegentaktfiltrierung

ausgeschlossen wird. Es sei bemerkt, daß es bei derartigen Filtern manchmal erwünscht ist, Widerstände parallel zu den Kondensatoren 102 und 104 zu schalten. Eine richtige Auswahl dieser Widerstände bestimmt die Güte  $Q$  des resultierenden Tiefpaßfilters. In der bevorzugten Ausführungsform sind solche Widerstände jedoch nicht erforderlich; die Güte  $Q$  des Filters wird hier durch die richtige Auswahl der Wicklungswiderstände und der Kernverluste der Spulen 98 und 100 gesteuert.

Wie aus Fig. 3 zu erkennen ist, ist der Gegentaktausgang des Gleichtaktfilters direkt an ein Gegentaktfiler angeschlossen. In der bevorzugten Ausführungsform besteht das Gegentaktfiler aus zwei gleichen LC-Filterabschnitten, die in Kaskade geschaltet sind.

Der erste Abschnitt enthält Wicklungen 106 und 108, die jeweils in Serie zu einer anderen Seite des Gegentaktsignalwegs am Ausgang des Filterabschnitts liegen. Die Wicklungen 106 und 108 sind auf den gleichen Kern 107 gewickelt. Die Kombination aus den Wicklungen und dem Kern kann so aufgefaßt werden, als bestehe sie aus einer einzigen Spule, deren Wicklung in der Mitte geteilt ist. Der Vorteil der geteilten Spule besteht in der Symmetrie der Anordnung bezüglich der Streukapazität gegen Masse, so daß eine geringere Umsetzung der restlichen Gleichtaktspannung in eine Gegentaktspannung erfolgt. Außerdem wird die Wicklungskapazität, insbesondere die Kapazität zwischen der Wicklung und dem Kern, vorteilhafter verteilt, als es bei einer einzigen Wicklung der Fall wäre. Der von dem Kondensator 110 und der zuvor erwähnten Spule aus den Wicklungen 106, 108 und dem Kern 107 gebildete LC-Filterabschnitt wirkt als Tiefpaßfilter für die Gegentaktsignale. Die Wicklungen 106 und 108 sind miteinander gekoppelt, jedoch ist aus den angegebenen Punkten zu erkennen, daß der Kopplungssinn in diesem Fall entgegengesetzt zum Kopplungssinn der Wicklungen des Gleichtaktfilters ist. Dies wird als umgekehrte Transformatorkopplung bezeichnet. In keiner induktiven Reaktanz der Spule treten Gleichtaktsignale auf, da die Wicklungen 106 und 108 eine gegenseitige Löschungswirkung haben. Im Falle eines Gleichtaktsignals bewirken die induktiven Reaktanzen der Wicklungen 106 und 108 eine wirksame gegenseitige Löschung, so daß eine Gleichtaktfiltrierung und somit eine Umsetzung eines restlichen Gleichtaktsignals in ein Gegentaktsignal in diesem Abschnitt eliminiert werden. In der bevorzugten Ausführungsform enthält der zweite Abschnitt des Gegentaktfilters Wicklungen 112 und 114, von denen jeweils eine in Serie zu einer der beiden Seiten des Gegentaktsignalwegs liegt; ferner enthält der zweite Abschnitt einen Kern 113 und einen parallel zum Gegentaktausgang des Abschnitts liegenden Kondensator 116. Die zwei in Kaskade geschalteten LC-Abschnitte dienen dazu, einen Tiefpaß-Frequenzgang für Gegentaktsignale zu erzeugen.

Die in Fig. 3 dargestellten Bauelemente haben vorzugsweise folgende Werte:

Widerstand 90	0-20 $\Omega$
Widerstand 92	10 $\Omega$
Widerstände 94, 96	10 k $\Omega$
Spulen 98, 100	6 H
Kondensatoren 102, 104	0,01 $\mu$ F
Kondensatoren 110, 116	0,015 $\mu$ F

Die Gesamtinduktivität des ersten Abschnitts des

Gegentaktfilters beträgt  $L_{106} + L_{108} + 2M_{106,108}$ , wobei  $L_{106}$  und  $L_{108}$  die Selbstinduktivitäten der Wicklungen 106 bzw. 108 sind, während  $M_{106,108}$  die Gegeninduktivität zwischen diesen Wicklungen ist. In einer bevorzugten Ausführungsform hat die Gesamtinduktivität den Wert 0,5 H in jedem Abschnitt des Gegentaktfilters.

Das Schaltbild des Verstärkers 76 von Fig. 2 ist in Fig. 4 dargestellt. Die Leitungen 120 und 122, die das Gegentakteleingangssignal zum Verstärker übertragen, sind an den Gegentaktausgang des Gegentaktfilters von Fig. 3 angeschlossen. Das Gegentakteleingangssignal wird direkt an die Basis-Elektroden der Transistoren 140 und 142 angelegt, die zusammen mit den zugehörigen Widerstandsschaltungen und den Gleichspannungsverstärkern 156 und 158 eine Differenzeingangsstufe des Verstärkers bilden. Die zwischen die Differenzeingangsstufen geschalteten Dioden 124 und 126 schützen die Transistoren vor übergroßen Gegentaktsignalen. In gleicher Weise dienen die zwischen die Eingangsleitungen und an die Plus- und Minus-Bezugspotentiale gelegten Dioden 128, 130, 132 und 134 dem Schutz der Transistoren vor zu großen Gleichtaktsignalwerten. In der bevorzugten Ausführungsform haben die Plus- und Minus-Bezugsspannungen eine Amplitude von 6 Volt.

Die Transistoren 140 und 142 sind ein angepaßtes Paar rauscharmer Transistoren. Der Kollektor des Transistors 140 ist über einen Lastwiderstand 150 und ein Potentiometer 154 an eine Versorgungsspannung von +15 Volt angelegt. In gleicher Weise ist der Kollektor des Transistors 142 über einen Lastwiderstand 152 und das Potentiometer 154 an diese Versorgungsspannung von +15 Volt angelegt. Die Kollektoren der Transistoren 140 und 142 sorgen für die Ansteuerung der invertierenden Eingänge der Verstärker 156 bzw. 158. Die Verstärker 156 und 158 bestehen in der bevorzugten Ausführungsform zwar aus Rechenverstärkern, doch ist es lediglich erforderlich, daß diese Verstärker invertierende, gleichspannungsgekoppelte Verstärker mit hoher Verstärkung sind. Wenn sie, wie in der bevorzugten Ausführungsform, Rechenverstärker sind, sind die positive und die negative Stromversorgungsklemme an +15 Volt bzw. an -15 Volt angelegt, und die nicht invertierenden Eingänge beider Verstärker sind nach Fig. 4 an eine Bezugsspannung von +10 V gelegt.

Der Ausgang des Verstärkers 156 ist über die Leitung 168 mit einem Ende des Rückkopplungswiderstandes 144 verbunden, dessen anderes Ende am Emittter des Transistors 140 angeschlossen ist. In gleicher Weise ist der Ausgang des Verstärkers 158 über die Leitung 166 mit einem Ende des Widerstandes 146 verbunden, dessen anderes Ende am Emittter des Transistors 142 angeschlossen ist. Der Widerstand 148, der zwischen den Emitttern der Transistoren 140 und 142 liegt, dient zusammen mit den Widerständen 144 und 146 dazu, die Gegentakstverstärkung der Eingangsstufe einzustellen. Wenn der Widerstand 144 mit  $R_1$ , der Widerstand 146 mit  $R_2$  und der Widerstand 148 mit  $R_3$  bezeichnet werden, dann ergibt sich die Gegentakstverstärkung von den Basis-Elektroden der Transistoren 140 und 142 zu den Ausgängen der Verstärker 156 und 158 aus:

$$A_{DM} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} \quad (1)$$

Die Gleichtaktverstärkung dieses Teils des Verstär-

kers hat den Wert 1. Das Gleichtaktunterdrückungsverhältnis dieses Teils des Verstärkers ist somit gleich der Gegentaktverstärkung  $A_{DM1}$ . Die Gegentaktverstärkung  $A_{DM1}$  sollte so hoch sein, wie es der Signalwert zuläßt, damit das maximale Gleichtaktunterdrückungsverhältnis erzielt wird. 5

Die Kondensatoren 162 und 165 haben jeweils relativ kleine Kapazitätswerte; sie verhindern Hochfrequenzschwingungen in den Verstärkern.

Das Gegentaktausgangssignal der Verstärker 156 und 158 wird von einer Endverstärkerstufe verarbeitet, damit eine zusätzliche Gleichtaktunterdrückung erzielt wird, und damit ein unsymmetrisches und nicht ein symmetrisches Ausgangssignal für die Datenerfassungseinheit erzeugt wird. Der Ausgang des Verstärkers 156 ist über den Widerstand 170 mit dem negierenden Eingang des Rechenverstärkers 178 verbunden, der ebenfalls mit den Spannungen von +15 Volt und -15 Volt versorgt wird. Die Rückkopplung vom Ausgang des Verstärkers 178 zum invertierenden Eingang erfolgt über einen Widerstand 174. Der Ausgang des Verstärkers 158 ist über den Widerstand 172 mit dem nicht invertierenden Eingang des Verstärkers 178 verbunden. Dieser Eingang liegt über einen Widerstand 176 auch an Masse. Das Verhältnis des Werts des Widerstandes 170 zum Wert des Widerstandes 174 ist so gewählt, daß es gleich dem Verhältnis des Werts des Widerstandes 172 zum Wert des Widerstandes 176 ist. Bei Bezeichnung des Widerstandes 170 mit  $R_4$  und des Widerstandes 174 mit  $R_5$  ist unter diesen Umständen vom Fachmann zu erkennen, daß die Gegentaktverstärkung der Endverstärkerstufe aus der folgenden Gleichung berechnet werden kann: 30

$$A_{DM2} = R_5/R_4 \quad (2) \quad 35$$

Im Idealfall hat die Gleichtaktverstärkung der letzten Stufe den Wert Null. In der Praxis hängt die Gleichtaktverstärkung von der Widerstandsanpassung und von der Gleichtaktunterdrückung des Verstärkers 178 selbst ab. Ein typisches Gleichtaktunterdrückungsverhältnis für diese letzte Verstärkerstufe kann 60 dB bei niedrigen Frequenzen betragen. 40

Eine am Ausgang des Verstärkers 178 erscheinende Offset-Gleichspannung kann durch eine richtige Einstellung des Potentiometers 154 auf den Wert Null eingestellt werden. 45

Die Bauelemente des Verstärkers von Fig. 4 können die folgenden Werte oder Typennummern haben: 50

Diode 124, 126	MPD200	
Diode 128, 130, 132, 134	IN914B	
Transistoren 140, 142	2N2639	
Widerstände 144, 146	3.32 k $\Omega$	
Widerstände 148	499 $\Omega$	55
Widerstände 150, 152	90,9 k $\Omega$	
Potentiometer 154	20 k $\Omega$	
Verstärker 156, 158, 178	LM312H	
Kondensatoren 162, 164	47pF	
Widerstände 170, 172	5 k $\Omega$	60
Widerstände 174, 176	7 k $\Omega$	

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 2

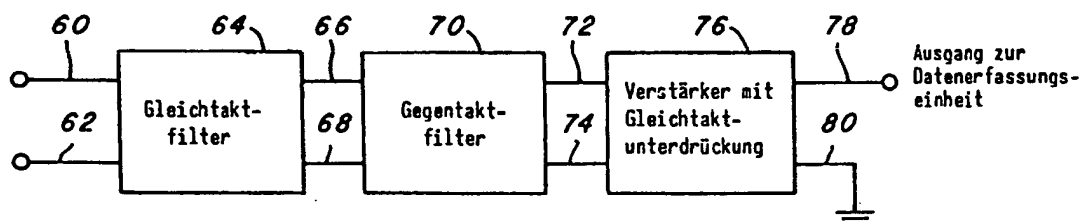
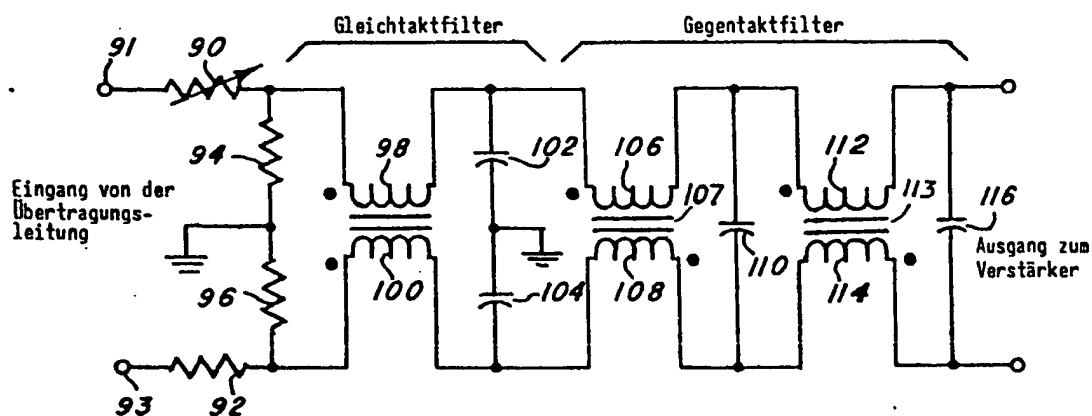


Fig. 3





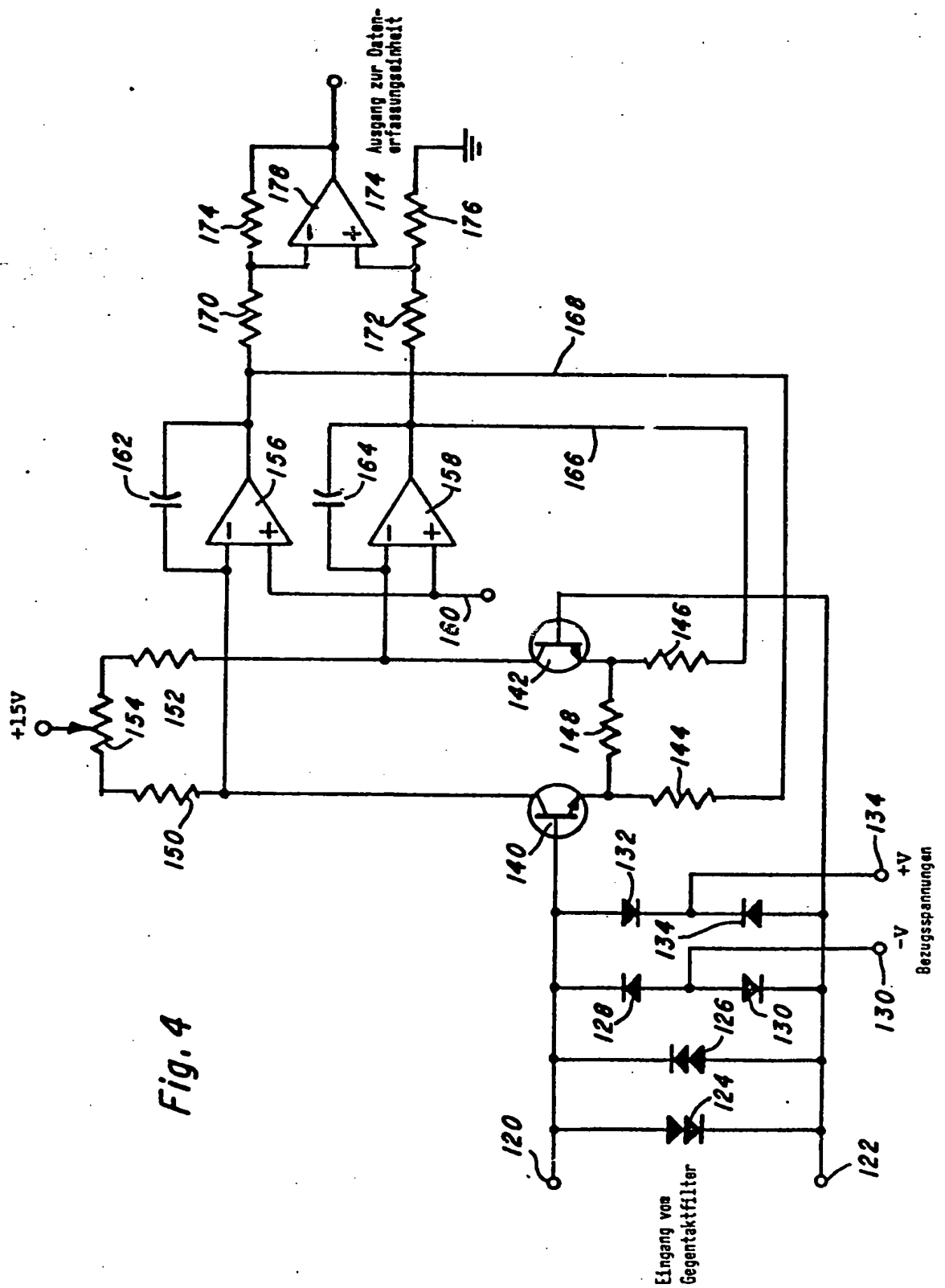


Fig. 4

**THIS PAGE LEFT BLANK**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE LEFT BLANK**